Studien über den „Elektrischen Schlaf“.

INAUGURAL-DISSERTATION

der medizinischen Fakultät

der

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

zur Erlangung der Doktorwürde

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

vorgelegt von

OSKAR ROOS.

✦ ✦ ✦
✦

STRASSBURG i. E.
Straßburger Druckerei und Verlagsanstalt
vorm. R. Schultz & Co.
1916.

Gedruckt mit der am 9. 8. 16 erteilten Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Straßburg i. E.

Referent: **Prof. Dr. Gildemeister.**

Korreferent: **Prof. Dr. Ewald.**

Studien über den „Elektrischen Schlaf".

Im Jahre 1902 hat Stephan Leduc seine erste Arbeit über die Erzeugung eines schlafähnlichen Zustandes beim Kaninchen durch Einleiten des intermittierenden Gleichstromes in das Zentralnervensystem veröffentlicht.[1]) Obwohl er in der folgenden Zeit das Thema weiter bearbeitet hat, ist bis jetzt meines Wissens eine Nachprüfung dieser interessanten Versuche noch nicht erfolgt. Zweck der vorliegenden Arbeit ist es darum, diese Nachprüfung vorzunehmen und die Leducschen Angaben womöglich durch neue Beobachtungen zu ergänzen, und so eine breitere Grundlage für spätere Untersuchungen zu schaffen.[2])

Bevor ich auf meine Untersuchungen eingehe, will ich eine kurze Übersicht über die von Leduc angewandte Methodik und über die wichtigsten Resultate seiner Versuche geben. Seine Publikationen über das Thema sind größtenteils in ausländischen Zeitschriften erschienen. Eine zusammenfassende Abhandlung hat er vor einiger Zeit auch in deutscher Sprache herausgegeben.[3])

Leduc gibt an, daß er durch Versuche auf dem Gebiete der allgemeinen Nerven- und Muskelphysiologie dazu geführt wurde, den intermittierenden Gleichstrom in die experimentelle Technik zu übernehmen.

---

[1]) Compte-rendu de la Société de Biologie, 1902. Pag. 1297—1299.

[2]) Meine Versuche waren bereits ihrer Vollendung nahe gekommen, als die Arbeit von Tschagowetz erschien: Über die Veränderung der reflekt. Erregbarkeit bei Einwirkung des intermittierenden galvanischen Stromes auf das Zentralnervensystem, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie, 1912. Der russische Autor hat an Katzen und Fröschen im großen und ganzen die Leducschen Angaben bestätigen können. Auf Einzelnes seiner Beobachtungen werde ich weiter unten im Text eingehen.

[3]) Archiv f. physikalische Medizin und medizinische Technik. Bd. 5. Leipzig 1911.

Physiologische Eigenschaften der intermittierenden Gleichströme. Die physiologischen Eigenschaften des unterbrochenen Gleichstromes gegenüber dem sonst angewandten faradischen Strom, als Nerven- und Muskelreizmittel, sagt Leduc, sind so vorteilhaft, daß er den faradischen bei allen Applikationen ersetzen sollte. Die Art der Erregung sei viel weniger brüsk und bedeutend milder als bei den faradischen Strömen, die Wirkung aber die gleiche, wenn nicht sogar noch prompter. Denn die Wirkung gehe bei derselben oberflächlichen Empfindung viel tiefer wie beim faradischen.

Ein weiterer Vorteil sei auch die leichte Meßbarkeit des elektrischen Reizes, was gestatte, den Versuch immer wieder unter den gleichen Bedingungen zu wiederholen.

Hilfsmittel. Zu seinen Versuchen über den elektrischen Schlaf hat Leduc einen Apparat konstruiert, den er in den Archives de l'électricité médicale Nr. 250, Novbr. 1908, Bordeaux, näher beschrieben hat.

Sein wichtigster Teil ist der Unterbrecher. Dieser besteht aus einer Rotationsscheibe aus isolierendem Material, auf die ein Metallkreuz aufgesetzt ist. Ein feststehender und ein verstellbarer Schleifkontakt ist mit je einem Pol der Stromquelle verbunden. Liegen beide Kontakte auf demselben Arme, dann ist der Strom geschlossen. Durch Verschiebung des beweglichen Kontaktes kann eine bequeme Regulierung der Unterbrechungsdauer vorgenommen werden.

Ferner benutzte Leduc zu dem Versuche eine Stromquelle, die aus einer Anzahl von Akkumulatoren bestand, und einen Widerstand mit Schiebekontakt (Voltregler). Die Elektroden bestanden aus Zinkblech und waren mit einer Schicht feuchter Watte gepolstert. Die Zuleitungsdrähte dazu lang, biegsam und gut isoliert.

Ein aperiodisches Milliampèremeter im Stromkreise erfüllte einen doppelten Zweck: 1. die Messung der Intensität, 2. die Regelung der Perioden.

Regelung der Perioden. Das Prinzip dabei ist folgendes: Man schließt den nicht unterbrochenen Strom unter Vorschalten eines größeren Widerstandes von ca. 500 Ohm. Das Milliampèremeter zeigt dann vielleicht 8 M. A. Darauf läßt man den Unterbrecher gehen und reguliert solange, bis 0,8 M.A. angezeigt werden. Es ist klar, daß jetzt der Strom während $^1/_{10}$

der Zeit geschlossen, $^9/_{10}$ geöffnet ist. Die Schließung dauert jetzt also $^1/_{10}$ der Periodenlänge. Dieses Verhältnis ist nach Leduc das Optimum zur Erzielung des elektrischen Schlafes. Als Anzahl der Unterbrechungen in einer Sekunde fand er 100 am günstigsten. Demnach betrüge also die Dauer des jedesmaligen Stromdurchganges $^1/_{1000}$ Sek.

Art der Applikation. Die Applikation des Stromes erfolgte so, daß die Elektroden am Schädel über dem Gehirn und in der Kreuzbeingegend über der Wirbelsäule befestigt wurden.

Gang des Versuches. Um den Körperwiderstand des Tieres zu verringern, und sich eines guten Kontaktes der Elektroden zu versichern, wurden die Körperstellen, auf denen die Elektroden lagen, die Wirbelsäule in der Lendengegend, die Schädeldecke zwischen den Augen und Ohren, vorher ganz kurz geschoren oder rasiert. Man muß dabei sich hüten, dem Tiere Schnittwunden beizubringen, weil sonst der Strom diese Wunde passiert und so große Schmerzen verursacht.

Die Kopfelektrode war direkt mit dem negativen Pole verbunden, während alle Nebenapparate zwischen großer Rückenelektrode und Stromquelle angebracht waren; der Strom durchlief also das Rückenmark in der Richtung vom Schwanz zum Kopf.[1])

Vor Beginn des Versuches müssen alle Bedingungen wie Tourenzahl, Unterbrechungsverhältnis und Voltzahl geregelt sein, was sehr leicht durch den vorgeschalteten Widerstand geschehen kann. Um den Versuch zu unternehmen, muß dann nur die Wippe nach dem Tiere umgelegt werden (s. die spätere Figur 1). Die günstigste Unterbrechungszahl ist, wie schon erwähnt, 100 pro Sekunde; Leduc empfiehlt nun, den Strom langsam in das Tier einzuschleichen, um ein Erregungsstadium vor dem Schlafeintritt möglichst zu verhindern. Er vergleicht dieses Stadium mit dem Erregungsstadium, das durch Alkohol, Chloroform, Opium u. a. hervorgerufen wird. Das Tier gerät bei diesem Einschleichen ganz sanft, ohne ein Zeichen des Schmerzes zu äußern, in den Schlafzustand, ähnlich wie beim Chloroformschlafe. Anders, wenn die nötige Voltzahl plötzlich eingeschaltet wird. Das Tier fällt dann steif zur Seite, hat einen mäßig starken Tetanus,

[1]) Leduc sucht eine Erklärung für die Notwendigkeit dieser Richtung zu geben. Ich konnte mich oft davon überzeugen, daß eine Umkehr der Stromrichtung kein befriedigendes Resultat ergab.

wobei die Atmung sistiert. Nach wenigen Sekunden verschwinden diese Erscheinungen, so daß auch die Atmung ruhig und gleichmäßig wird. Beim plötzlichen Ausschalten des Stromes wacht das Tier sofort auf, richtet sich in die Höhe, ohne äußere Anzeichen von Schädigung zu zeigen.

Das Verhalten des Tieres während des Versuches. Die Dauer des Schlafes kann ohne Schaden viele Stunden betragen. Leduc hielt ein Tier 4 Std. 50 Min. in dem Zustande. Seine Mitarbeiterin, Fräulein Rabinowitsch, 8 Std. 20 Min.

Was den Blutdruck anbetraf, ergab sich zuerst eine Schwankung des Carotidenblutdrucks, dann eine deutliche Erhöhung, die während des ganzen Schlafes anhielt.

Der Eintritt des Stromes rief nach Leduc auch eine Entleerung von Darm und Blase hervor.

Die Temperatur veränderte sich kaum.

Die Pupillen waren nicht erweitert, wie bei einer Epilepsie, sondern eher verengt. Eigentümlich verhielten sich die Reflexe. Leduc fand, daß die Reflexe an den Hinterbeinen erhöht waren, wenn der Strom nicht die ganze Länge des Rückenmarks durchlief; andernfalls waren sie aufgehoben. Dagegen waren die Reflexe im Gesicht und an den oberen Partien immer bedingungslos aufgehoben.

Tschagowetz's Versuche. Ich möchte an dieser Stelle gleich darauf hinweisen, daß Tschagowetz in seiner im Anfang genannten Arbeit eine Untersuchung dieser Angaben vornahm. Er konnte im großen und ganzen Leducs Angaben bestätigen. Da sich seine Arbeit aber größtenteils nur mit der Untersuchung der veränderten Reflexerregbarkeit beschäftigt, halte ich es für angebracht, ein kurzes Excerpt derselben hier einzuschalten. Er stellte seine Versuche hauptsächlich mit Katzen an, die er wegen ihrer Unbändigkeit fesseln mußte, was sicherlich die Beobachtungen beeinträchtigte. Er fand, daß das Verhalten der Tiere ähnlich sei, wie im Schlafe. Bewegungen, die sie in dem Zustande ausführten, glichen denen, die unwillkürlich und bewußtlos geschehen. Sonst berichtet Tschagowetz wenig über seine Nachprüfungen der Leducschen Versuche. Ihm war mehr aufgefallen, daß beim Passieren des Stromes gewisse Formen reflektorischer Erregbarkeit bedeutend erhöht waren. Bei niedriger Stromstärke konstatierte er beim Schließen und Öffnen nur ein leichtes Zucken, bei höherer einen kurz

dauernden tonischen Krampf, der sich aber bald wieder legte, bei noch stärkerem Strom starken tonischen Krampf mit Atemstillstand. Ging Tschagowetz nach Auftreten eines Krampfes infolge des hohen Stromes auf den von ihm gefundenen Normalwert zurück, dann zeigte das Tier an den Beinen keine willkürlichen Bewegungen mehr; jedoch änderte es zeitweise deren Lage, genau so, wie es z. B. ein schlafender Mensch tut.

In bezug auf Schmerz und taktile Reflexe konstatierte er, daß vorsichtiges Durchstechen einer Hautfalte wirkungslos blieb. Geschah es mit gewisser Kraft, dann kontrahierte sich die ganze betreffende Extremität. Auch die Sehnenreflexe fand er erhöht, vor allem die der Achillessehnen.

Dagegen, schreibt Tschagowetz, hätte er nicht das spontane, jedesmalige Aufspringen beobachtet, von dem Leduc berichtet.

Nach langem Einwirken der Ströme machte sich Paralyse der Extremitäten und paretischer Zustand bemerkbar.

Die Erscheinungen erhöhter reflektorischer Erregbarkeit fand er auch an Fröschen. Diese war hier noch viel stärker und glich ungefähr einer Strychninvergiftung des Tieres. Beim Anblasen und Anklopfen traten starke Krämpfe auf. Jedoch sank bei langdauernder Schließung die Erregbarkeit wieder. Zur Feststellung des beteiligten Abschnittes im Zentralnervensystem operierte Tschagowetz die Frösche. Er entfernte Hemisphären, Sehhügel, Kopfmark, verlängertes Mark und Teile des Rückenmarks. Das Fehlen des verlängerten Marks oder von Teilen des Rückenmarks änderten an dem Phänomen nichts.

Versuche am Menschen. Leduc hat seine Versuche auch am Menschen angestellt und zwar an sich selbst.[1] Dabei wurde aber nie ein vollkommenes Resultat erreicht. Er schreibt, daß er das Gefühl von Alpdrücken gehabt hätte, dabei genau wahrnahm, was geschah, ohne im geringsten sich rühren oder schreien zu können. Der Versuch wurde immer vorher abgebrochen, ohne daß es je zu einem völligen Verschwinden von Bewußtsein und Empfindung gekommen wäre. Die Spannung betrug 35 V., die Intensität im unterbrochenen Strome 4 M. A. Eine Nachwirkung hat Leduc nicht verspürt. Demnach war also die Motilität geschwunden, während die Sensibilität erhalten blieb.

---

[1]) Compte-rendu de la Société de Biologie, 1902. P. 1297—99.

Außer dem elektrischen Schlafe hat Leduc noch eine Reihe anderer Phänomene beschrieben, die durch den gleichen Strom hervorgerufen wurden, so die künstliche Wiederbelebung mit dem elektrischen Strome, die Erzeugung epileptischer Anfälle[1]) und die Möglichkeit der Elektrocution.[2]) Je nach Stärke und Frequenz der Ströme wird das eine oder das andere Phänomen erreicht. Mit diesen Angaben habe ich mich nicht weiter beschäftigt.

Erklärungsmöglichkeiten des Schlafzustandes. Über die näheren Erklärungen der Wirkungsweise der Ströme auf das Zentralnervensystem hat sich Leduc nie ausgesprochen. Er ist geneigt, das Phänomen für Narkose zu halten, ähnlich dem Chloroform- oder Ätherschlafe. Auch Tschermak[3]) meint, man könnte die Erscheinung zu Gunsten der Hemmungstheorie des Schlafes von Brown-Séquard verwerten. Wertheim Salomonsson[4]) griff die Erklärung Leducs, daß es sich hier um Narkose handle, an, ohne aber seine Behauptung durch Tatsachen zu stützen. Er behauptete, die Ursache dieses anscheinenden Schlafzustandes könnte nur eine Art von Lähmung der höchsten Zentren sein infolge allzustarker Erregung derselben durch den Strom. Er wollte also damit sagen, daß sich diese Zentren nicht wie im Schlafe im Zustande der Ruhe und der Erholung befänden, daß sie also nicht sozusagen von jeder Tätigkeit ausgeschaltet wären, wie es Leduc auffaßt, sondern daß sie gerade im Gegenteil sich in solch starker Erregung befänden, daß sie während des Stromdurchganges für keine Impulse von den Sinnesorganen her mehr empfänglich wären.

Der Vorgang ist also nicht klar. Ein bequem zugänglicher Weg, zwischen diesen Auffassungen zu entscheiden, läßt sich wohl schwer finden.

---

[1]) Extraits de la Revue de la médecine : L'Electro-physiologie des Centres nerveux, 1911. Compte-rendu de l'association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Grenoble, 1904.

[2]) Archives de l'électricité médicale : Électrocution.

[3]) Nagels Handbuch der Physiologie, 1909, 4. Bd., S. 53.

[4]) Boruttau & Mann : Band I, 1909. S. 469/470.

Eigene Versuche.

Bei meinen eigenen Versuchen richtete ich mich ganz nach den Angaben Leducs, verwandte auch, soweit es ging, die gleichen technischen Hilfsmittel.

Zuerst benutzte ich einen Unterbrecher, der ungefähr wie der Leducsche konstruiert war. Später arbeitete ich meistens mit einem Quecksilber-Turbinenunterbrecher oder auch mit einer durch Luftstrom angetriebenen Stimmgabel. Das Resultat mit den verschiedenen Apparaten war im wesentlichen das Gleiche.

Der Quecksilber-Turbinenunterbrecher stammt von der „Allgem. Elektr. Gesell. Berlin". Er wurde von einem kleinen Gleichstrommotor getrieben, den ich mit der städtischen Leitung speiste. Der Unterbrecher besteht aus einem Metallring, auf den in gleichen Abständen Zähne aufgesetzt sind, und in dem eine Düse rotiert, aus der ein feiner Quecksilberstrahl spritzt. Trifft das Quecksilber den Zahn, dann ist der Kontakt hergestellt, der sofort wieder unterbrochen ist, wenn der Strahl zwischen den Zähnen durchspritzt. Der Gebrauch des Apparates ist sehr einfach, da er einen Tourenzähler besitzt. Diesen kontrollierte ich durch Anlegen eines Telephons, dessen Ton ich mit dem einer Stimmgabel verglich, die genau 100 Schwingungen in der Sekunde machte. Der Gang des Motors wurde dadurch geregelt, daß ich entweder einen Glühlampenwiderstand einschaltete, oder eine leicht verstellbare Bremse auflegte.

Die Tiere wurden in der oben beschriebenen Weise geschoren und dann mit 1%iger Kochsalzlösung eingerieben. Durchnässung des Tieres vermied ich sorgfältig. Auf die betreffenden Stellen wurde ein feuchter Wattebausch gelegt und die Elektroden aufgesetzt. Ihre Größe betrug 3×4 cm am Kopf und 8×10 cm am Rücken. Praktisch ist es, wie es Leduc angegeben hat, dem Tiere ein Gummiband um den Leib zu schlingen und die

große Elektrode in Sattelform darunter zu ziehen. Am Kopfe wird ein gleiches Band in Achterform hinter die Ohren gelegt, über dem Schädel gekreuzt und unter dem Unterkiefer befestigt.

Meine ersten Versuche — die Versuchsanordnung ist aus Fig. 1 zu ersehen — glückten nicht recht, die Kaninchen wurden durch den Strom meistens sehr stark gelähmt oder sonstwie geschädigt, vermutlich deshalb, weil ich die Angaben Leducs nicht genau befolgte. Auch fesselte ich anfangs die Tiere im Tierhalter, was die Beobachtung beeinträchtigte. Diese Vorsichtsmaßregel ist überflüssig, da sich die Tiere leicht an die etwas unbequeme Kopfelektrode gewöhnen. Im voraus will ich auch gleich erwähnen, daß ich zu meinen Versuchen zwar viele Tiere verwandt, aber manchmal lange Zeit hintereinander immer wieder das gleiche. Dies könnte beweisen, daß eine schädigende Wirkung des Stromes auf das Tier entweder gar nicht oder in nur ganz minimalem Grade vorhanden war. Nur ein Tier ging im Verlauf der Versuche zu Grunde ; aber auch dies nicht direkt beim Versuche oder in unmittelbarem Anschluß daran. Es lag an einem Morgen tot im Stalle, obwohl es abends noch munter war, wovon ich mich selber beim Füttern der Tiere überzeugt hatte. Bei der Sektion fand ich eine submeningeale Blutung in der Gegend der Basis des Kleinhirns und des Pons. Im mikroskopischen Übersichtspräparate waren keine Veränderungen nachzuweisen. Der Rest des Hirnes und die Organe zeigten keinen pathologischen Befund.

Im Folgenden möchte ich erst den Versuch aus dem Protokoll erwähnen, wo es mir zum ersten Mal gelang, endlich den elektrischen Schlaf zu erzielen, und dann eine genaue Beschreibung des Ganges eines fehlerlosen Versuches geben.

Unterbrechung : 105 pro Sek.

Voltzahl : 6.

M. A.-Zahl : 3.

Der Erfolg blieb zuerst aus. Ich verbesserte dann den Sitz der Elektroden und stieg mit der Tourenzahl, sodaß die Unterbrechungen von 105 rasch auf 200 anstiegen. Das Tier bekam einen starken Ruck, fuhr mit steifen, gespreizten Beinen in die Höhe, legte sich aber sofort ruhig auf seine linke Seite. Darauf ging ich mit der Unterbrechungszahl wieder auf 100 zurück. Das Tier blieb ruhig. Die Lendenatmung war tief und regelmäßig. Die Muskulatur an den Extremitäten war fast ganz entspannt, auch die Kaumuskulatur, die vorher starken Trismus gezeigt

hatte. Ich ließ das Kaninchen mehrere Minuten so liegen und öffnete dann den Strom. Sofort sprang es auf, lief herum und war ganz munter, ohne eine Schädigung zu zeigen. Obwohl ich das Tier noch 5 Mal hintereinander zum selben Versuche verwandte und es immer einige Minuten im Schlafzustande liegen ließ, zeigte es am Schluß keine Nachwirkungen, außer einem leichten Pendeln mit dem Kopfe und etwas benommenes Aussehen. Nystagmus war nicht nachzuweisen. Diese Erscheinungen verschwanden jedoch in kürzester Zeit.

Von da ab, wo ich mich vollkommen mit der Versuchsanordnung vertraut gemacht hatte, gelangen die Versuche immer gut.

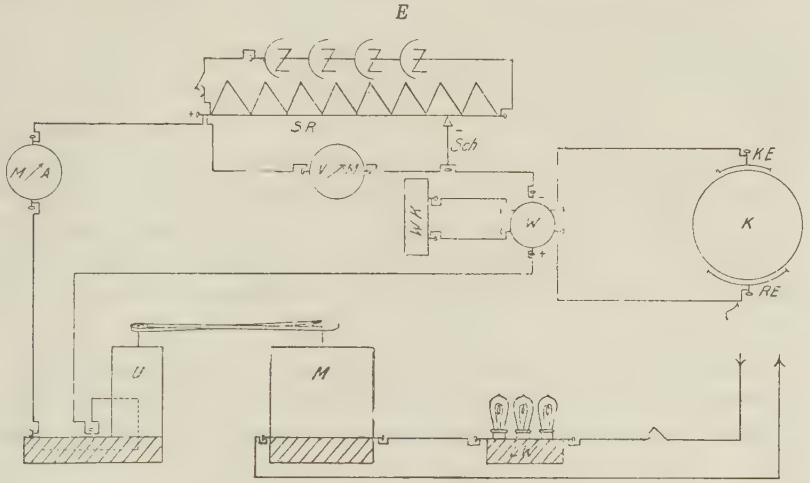

Fig. 1.

E=Element. SR=Schieberheostat. Sch=Schieber. MA=Milliampèremeter. VM=Voltmeter. W=Wippe. WK=Widerstandskasten. K=Kaninchen. KE=Kopfelektrode. RE=Rückenelektrode. U=Unterbrecher. M=Motor. W=Lampenwiderstand.

Gang eines gelungenen Versuches. Der oben beschriebene Zustand war zweifellos derjenige, den Leduc „Elektrischen Schlaf“ genannt hatte.

Zuerst ist es notwendig, mit dem eingeschalteten Widerstand das Unterbrechungsverhältnis von 1 : 10 zu kontrollieren. Dann wird vermittelst des Schieberheostaten eine ganz geringe Spannung eingestellt und hierauf die aus der Figur ersichtliche Wippe nach dem Tiere umgelegt. Man kann nun erstens ganz allmählich mit der Voltzahl bis zum Optimum hinaufgehen, das zwischen 4 und 5 Volt liegt, ohne daß dies dem Tier besonders unangenehm zu sein scheint ; je langsamer es geschieht

um so weniger verspürt das Tier anscheinend davon. Ist dies auch wahrscheinlich für das Tier am angenehmsten, so ist es doch nicht immer am wirksamsten für den Erfolg. In dieser Hinsicht fand ich heraus, daß es zweitens viel besser ist, entweder ziemlich rasch mit der Voltzahl anzusteigen und etwas über das Optimum hinauszugehen und dann wieder zurückzugehen; oder drittens ganz plötzlich das Optimum einzuschalten. Der Erfolg des zweiten und dritten Verfahrens ist viel sicherer wie der des ersten. Das Tier bekommt nur einen plötzlichen, leichten Ruck mit anschließendem kurzen Tetanus. Dieser legt sich aber sofort, sobald man mit der Voltzahl ein klein wenig zurückgeht, wo der gewünschte Zustand dann eintritt, und darauf wieder bis zum Optimum vorrückt. Ich halte diese Methode, den Strom plötzlich einzuschalten, für sehr geeignet; denn wollte ich mit dem von Leduc angegebenen Einschleichen die gleiche Tiefe des Schlafes erreichen, dann mußte ich auch immer die Normalvoltzahl um wenigstens 2—3 Volt überschreiten, sodaß auch zuerst ein geringer Tetanus eintrat. Die Atmung wird dann unregelmäßiger und schneller, und das Tier entleert den Darm. Dagegen entleert sich die Blase nicht immer, wie es Leduc angibt. Schon nach wenigen Augenblicken legen sich jedoch diese Zeichen äußerer Erregung, und das Tier atmet tiefer wie vorher und ist völlig beruhigt[1].)

Dauer des Schlafes. Ich ließ das Tier manchmal über eine Stunde im Schlafzustande liegen, ohne daß auch nur die geringste Änderung in seinem Benehmen sich gezeigt hätte.

Öffnete ich den Strom rasch, so sprang das Tier nach der guten Narkose sofort auf, war frisch und munter, lief auf dem Experimentiertische herum, fing an, sich zu putzen, schnupperte an allen erreichbaren Gegenständen, fraß Kohl, den ich ihm hinhielt und biß an den Drähten der Elektroden herum, da ihm anscheinend ihre Befestigung etwas hinderlich war.

Verhalten des Tieres im tiefen elektrischen Schlafe. Im guten elektrischen Schlaf liegt das Tier ruhig auf einer Seite; die Beine sind etwas gekrümmt und entspannt; die Augen fast geschlossen. Berührt man das Tier mit der Hand, so fühlt man ein leises feines Zittern; dieses Schwirren

---

[1]) Vielleicht ist dieser geringe Tetanus der Zustand, den Leduc mit dem Erregungsstadium in der Äthernarkose vergleicht.

War der Strom zu schwach, dann beobachtete ich öfters nur ein flaches Hinducken des Tieres auf die Tischplatte.

scheint von den Unterbrechungen des Stromes herzurühren. Das Tier empfindet anscheinend die Berührung nicht. Von den Reflexen sind am Vordertier die meisten aufgehoben, sicherlich keiner verstärkt, im Gegensatz zum Achillessehnenreflex, der an dem Hintertiere oft erhöht war. Zur Prüfung auf Schmerz stach ich das Tier mit starken Nadeln tief in die Schnauze und mit der Scheerenspitze in die Vorderspfoten, ohne daß es Schmerz äußerte oder sonst wie reagierte, obwohl das doch von einem normalen Tier entschieden unangenehm empfunden wird. Nur ein leichtes Zucken ging gewöhnlich über das Gesicht, oder, wenn ich in die Beine stach, krümmte sich die betreffende Extremität ein wenig; aber das war nur dann nachzuweisen, wenn der Einstich rasch geschah. Zwecks eines späteren Versuches mußte ich dem Tiere öfters Injektionen mit der Pravazschen Spritze machen, wobei ich die Kanüle sowohl ins Ohr, wie mehrmals in die Bauchhöhle einführen mußte. Aber niemals waren die Zeichen einer unangenehmen Empfindung zu bemerken, und nie erwachte das Kaninchen. Ferner konnte ich die Beine des Tieres widerstandslos vom Körper ziehen und überall hin frei bewegen. Vorhin machte ich schon auf das verschiedene Verhalten zwischen Vorder- und Hintertier aufmerksam, wobei das Vordertier in stärkerem Schlafe zu liegen scheint, wie das Hintertier. In einigen Fällen gelang es mir durch Kneifen oder Kitzeln des Kaninchens am Hinterleibe dies zum teilweisen Erwachen zu bringen. Es hob dabei ab und zu den Kopf oder veränderte die Stellung der Beine, wachte aber nie vollkommen auf, sondern blieb in einem somnolenten Zustande und schlief dann fest weiter, wenn ich die Spannung um ein weniges vergrößerte. Auch der Achillessehnenreflex war zuerst gewöhnlich erhöht, sodaß beim leisesten Berühren das Bein in die Höhe schnellte. Rückte ich dann die Spannung höher, so blieb auch dieses Phänomen meist aus.

Auf kalt und warm wurde in der Narkose auch nicht reagiert. Um die Augenreaktionen zu prüfen, mußte ich die Lider und die Nickhaut, die immer etwas vorgezogen war, mit Lidhaltern offen halten. Die Pupillen waren klein, etwas kleiner, als im normalen Wachzustande, wenn die Narkose gut war. Wurde dagegen der Strom etwas zu stark, sodaß Tetanus eintrat, dann vergrößerten sich die Pupillen. Der Lichtreflex und Cornealreflex bestanden noch in der Narkose, doch war letzterer nicht immer auszulösen.

Die Atmung betrug im Wachzustande ungefähr 105, im Schlafzustande 85—90.

Der Herzspitzenstoß war hebender wie im Wachzustande.

Blutdruck in der Narkose. Ich maß den Blutdruck mit der blutigen Ludwigschen Methode.

Zu dem Zweck präparierte ich an dem Tiere die linke Carotis frei, unterband sie kopfwärts und führte in das andere Ende den einen Schenkel des u-förmig gebogenen Quecksilbermanometers ein. Da ich das Tier im Wachzustande operiert hatte, mußte ich es vor dem Versuche sich noch eine geraume Zeit erholen lassen, um normale Resultate zu erhalten.

Die Blutdruckkurven waren im Wachzustande ziemlich flach ohne deutlichen Unterschied zwischen Hebungen und Senkungen. Bei langsamem Ansteigen des Stromes wurde die Atmung regel-

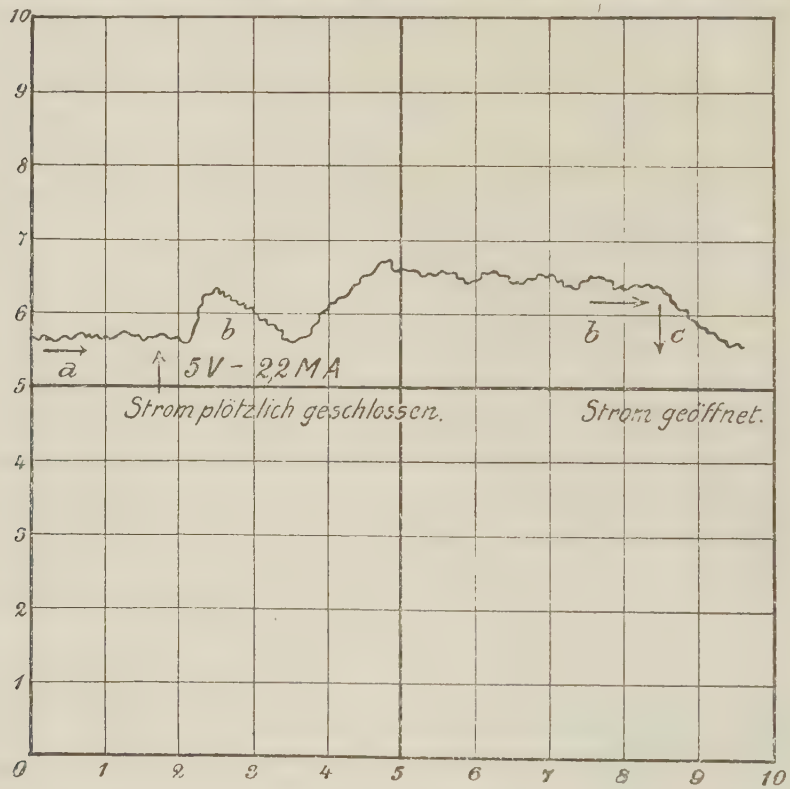

Fig. 2.

a = Blutdruck im Wachzustand. *b* = Blutdruck im Schlafzustand. *c* = Strom geöffnet.

mäßiger. Die Kurven zeigten ausgeprägte Kämme und Täler, und die Abstände waren gleichmäßiger, was auf eine vertiefte, regelmäßige Atmung hinwies. Je höher ich mit der Voltzahl

ging, um so höher stieg auch der Blutdruck, und als bei 5 Volt und 2,2 M. A. der Schlafzustand vollkommen erreicht war, blieb auch der Blutdruck konstant auf der Höhe, wobei die einzelnen Zacken schön ausgeprägt waren. Geriet das Tier in Tetanus, so zeichnete der Schreibhebel auf dem Registrierstreifen schwankende, unregelmäßige Kurven auf. Reizte ich das Tier, während der Strom passierte, so zeigten sich auch kleine Schwankungen, die aber nicht so groß waren, wie bei demselben Reiz im Wachzustande.

Bemerkenswert waren die Aufzeichnungen beim plötzlichen Einschalten des Optimums von 5 V. und 2,2 M. A. (s. Fig. 2). Regelmäßig stieg der Blutdruck steil, um dann etwas weniger steil wieder unter den Mittelwert zu sinken und dann ebenso zu der Höhe anzusteigen, auf der er während des Schlafzustandes verblieb. Nach dem plötzlichen Ausschalten machte sich in den Schwankungen noch eine kleine Nachwirkung geltend, indem sie sich erst allmählich verflachten, während der Blutdruck fast sofort wieder auf die Norm sank.

Ich habe während des Versuches öfters die Tourenzahl des Unterbrechers geändert, aber keine Einwirkung davon in der Kurve gesehen.

Es resultiert also aus meinem Blutdruckversuch, daß die Atmung in der Narkose tiefer und regelmäßiger wird, während sich der Blutdruck erhöht und konstant bleibt, solange der Strom passiert. Beim Öffnen fällt der Blutdruck sofort wieder herab, während die Atmung noch etwas vertieft bleibt und sich nur allmählich wieder verflacht. Ungefähr die gleichen Angaben macht auch Leduc.

Wiederbelebungsversuch. Im Laufe der Versuche hatte ich auch Gelegenheit, die Angaben Leducs über das elektrische Wiederbelebungsverfahren zu prüfen. Ich verwandte nämlich einmal statt der steifen Zinkelektroden sehr schmiegsame, aus dünnem Kupfer, die sich dem Körper besser anpaßten. Es zeigte da das Voltmeter bei einer Spannung von 6 V. eine Stärke von 15 M. A. Die Folge davon war, daß das Kaninchen einen hochgradigen Tetanus bekam, und die Atmung stillstand, während das Herz noch fortschlug, wovon ich mich durch Palpieren überzeugte. Trotz des sofort unterbrochenen Stromes blieb das Tier in dem Zustand liegen. Ich wandte darum das von Leduc angegebene Wiederbelebungsverfahren an, das darin

besteht, daß derselbe Strom, der zum Experimentieren gebraucht wurde, ungefähr im Rhythmus der Atmung des Tieres durch rasch aufeinanderfolgendes Öffnen und Schliessen in den Körper geschickt wird. Nachdem ich dieses ungefähr 7 mal getan hatte, begann das Tier die Luft in kurzen Stößen auszupressen, und nach einigen weiteren Malen atmete es wieder normal. Natürlich war das Kaninchen nach dem Versuche sehr mitgenommen, erholte sich aber verhältnismäßig rasch.

Die Verwendung des elektrischen Stromes zum Wiederbelebungsverfahren ist wohl so zu erklären, daß der kurze Durchgang solch starker Ströme sowohl die ganze äußere Skelettmuskulatur, als auch innerlich das Zwerchfell in kurze, ruckweise Kontraktionen versetzt, wodurch die Lungen zusammengepreßt und erweitert werden, sodaß die Atmung wieder erfolgen kann.

Neue Beobachtungen. *a*) Harnuntersuchung. Es ist bekannt, daß manche Organe des Kaninchens sehr rasch auf äußere Schädigungen und Einwirkungen reagieren, so ist es sehr leicht bei ihm, den sogenannten Angstdiabetes hervorzurufen. Aus diesem Grunde untersuchte ich eine Zeit lang vor und geraume Zeit nach jedem Versuche den Urin des Tieres, den ich durch Abdrücken gewann, auf Zucker und Eiweiß. Zu dem Zweck verblieben die Tiere immer über $^1/_2$ Stunde im Schlafzustande liegen, bevor die Untersuchungen gemacht wurden. Das Resultat war stets negativ, sowohl die Trommersche Zuckerprobe, wie auch die Eiweißkoch- und Ringprobe.

b) Ausschleichen des Tieres aus dem Stromkreise. Statt den Strom plötzlich zu unterbrechen, versuchte ich es öfters, mich ganz langsam auszuschleichen. Dabei blieb das Tier regungslos einige Minuten (bis zu 7 Min.) im Schlafzustande liegen, ohne zu erwachen, auch wenn der Strom nicht mehr passierte. Erst auf Berührung, oder wenn ich laut klatschte, sprang es spontan auf die Beine und war munter.

c) Versuche mit konstantem und faradischem Strome. Die Angaben Rankes, daß es ihm wenigstens beim Frosche gelungen sei, durch konstante Längsdurchströmung des Rückenmarks Strychninkrämpfe zu unterdrücken und überhaupt reflexhemmend zu wirken, ließen mich mit dem konstanten Strome beim Kaninchen gleiche Versuche anstellen. Jedoch erzielte ich keinen Erfolg, der auch nur im geringsten dem der Leducschen Ströme ähnlich gewesen wäre.

Ebenso resultatlos verlief ein Versuch mit Induktionsströmen. Auch Leduc schreibt in seiner Arbeit, daß Induktionsströme unbrauchbar seien.

Ausgehend nun von dem Gedanken, daß vielleicht die Steilheit der Ströme eine Rolle spiele, verzögerte ich sie dadurch, daß ich die sekundäre Spirale durch einige hundert Ohm kurzschloss. Damit ist aber niemals die Schlafwirkung eingetreten, sondern es trat bei genügender Stärke Tetanus ein.

Jedoch halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß man auch auf diesem Wege zum Ziele kommt, wenn man nur durch passende Mittel die Steilheit der Induktionsströme noch mehr verzögert.

Ich möchte noch einige Bemerkungen zu Leducs Zahlenangaben über das Verhältnis von Öffnung und Schließung, über die Touren- und Unterbrechungszahl und die Anlage der Elektroden machen. An der Frequenz der Unterbrechungen, die Leduc als 100 pro Sek. angibt, strenge festzuhalten, ist nach meinen Erfahrungen unnötig. Meine Versuche gelangen auch mit doppelter Tourenzahl, ohne daß der Einfluß auf das Tier anders war, was ich auch graphisch beim Blutdruckversuche konstatierte. Nach unten darf die Grenze 100 dagegen nicht weit unterschritten werden, ohne ein Erwachen des Tieres hervorzurufen.

Das Optimum der Spannung von 5 V. und die Intensität von 2—3 M. A. kann beinahe als Regel gelten, natürlich mit kleinen Schwankungen bei jedem Tiere. Nur bei lang anhaltenden Versuchen ist es manchmal nötig, später etwas in die Höhe zu steigen, um den Schlafzustand in gleicher Stärke zu erhalten. Daß allzu hohe Spannungen epileptische Anfälle auslösten, wie es Leduc angibt, habe ich nie beobachtet. In solchen Fällen trat nur Tetanus ein. Vielleicht aber habe ich keine genügend hohe Spannung verwandt.

Auch das Unterbrechungsverhältnis 1 : 10 konnte ich nur wenig nach oben und unten abändern. Zur Variation des Unterbrechungsverhältnisses bediente ich mich einer Stimmgabel nach Prof. J. R. Ewald, die durch eine Wasserluftpumpe getrieben wurde. Sie machte genau 100,5 Schwingungen in der Sekunde. An der einen Seite war eine Klemme, um den Strom zuzuleiten, an der andern ein Platinstift, der durch Eintauchen in Quecksilber den Strom öffnete und schloß. Durch Höher- oder Tieferstellen der Quecksilberkuppe oder des Platinstiftes konnte dann das Unterbrechungsverhältnis leicht reguliert werden.

Das Resultat der Untersuchungen war kurz gefaßt folgendes: wich ich stärker von dem Verhältnis 1 : 10 ab, so blieb das Tier ganz unbeeinflußt, oder verfiel, wenn der Strom verstärkt wurde, in Tetanus.

Eine Änderung der Elektrodenanlegung hatte zur Folge, daß die Normalvoltzahl noch keinen Schlaf hervorrief, sondern nur starke Erregung. Erst ein Höhersteigen mit der Spannung bewirkte Schlafeintritt. Ging ich noch höher, so trat auch hier Tetanus ein, der aber anscheinend nicht so stark war, wie bei richtiger Lage der Elektroden.

Beinahe den gleichen Erfolg hatte Umkehrung des Stromes mit dem Stromwender.

Über das Verhalten der Tiere gegenüber dem Leducschen Strome unter dem Einflusse einiger Gifte. In dieser Hinsicht habe ich nur wenig Versuche angestellt, da mich äußere Umstände an der Fortsetzung derselben verhinderten; doch wurden immerhin einige Resultate erzielt, die der Mitteilung wert sind. Die Versuche erstreckten sich auf die gegenseitige Einwirkung des Leducschen Stromes und

1. eines Narkotikums,
2. eines direkten Krampfgiftes,
3. eines reflexsteigernden Giftes.

Zu Versuch 1. ist zu erwähnen, daß ich erst ein Kontrolltier in tiefe Äthernarkose versetzte, um die Verschiedenheiten vom elektrischen Schlaf zu erkennen. Als deutliche äußere Abweichung vom elektrischen Schlafe ergab sich nur, daß die Reflexe, speziell die am Hintertiere, gänzlich aufgehoben, also nicht wie beim elektrischen Schlaf meistens noch verstärkt waren. Auch waren die Augenlider und die Nickhaut offen, während sie beim Stromdurchgang meistens fast ganz geschlossen waren.

Ich narkotisierte dann ein normales Tier, bei dem der Schlaf bei $5^1/_4$ V. und nicht ganz 3 M. A. eintrat, ganz leicht mit Äther an, und hoffte jetzt durch Zuleiten des elektrischen Stromes eine schnellere Schlafwirkung zu erreichen, als unter gewöhnlichen Bedingungen. Eine auffällige kumulierende Wirkung des elektrischen Stromes mit Äther trat nicht ein. Die Spannung war jedoch um ca. $^1/_2$ V. verringert, während die Intensität sich etwas vergrößerte.

Die Reflexe waren in diesem Falle auch an den Hinterbeinen völlig aufgehoben; der Spitzenstoß des Herzens war

noch hebender als im einfachen, elektrischen Schlafe. Sonst ergab sich nichts auffälliges.

Da der elektrische Strom bei einer gewissen Stärke gewöhnlich eine reflexsteigernde Wirkung hervorbrachte, schien es mir auch von Interesse, das Verhalten durchströmter Kaninchen gegenüber direkten Krampfgiften zu untersuchen. Als geeignetstes direktes Krampfgift verwandte ich Pikrotoxin, über dessen Wirkung H. Roeber berichtet[1]). Auch Köppen[2]) war es gelungen, durch Injektion von Pikrotoxin Kaninchen, die in Uretan- oder Chloralnarkose lagen, aus derselben zu erwecken und Krampfanfälle hervorzurufen. Aber auch umgekehrt vermochte er Pikrotoxinanfälle durch Chloral usw. zu unterdrücken.

Vor dem Versuch überzeugte ich mich davon, daß der gewohnte elektrische Schlaf eintrat; dann injizierte ich 0.5 mg Pikrotoxin in eine Ohrvene. Das Tier zeigte keine Änderung beim Stromdurchgang, auch nicht nach erneuter Injektion der gleichen Menge Gift intramuskulär nach 20 Minuten. Im Verlaufe von einer weiteren Stunde gab ich noch 2,5 mg Pikrotoxin, da sich bis dahin noch keine typischen Vergiftungserscheinungen eingestellt hatten. 10 Minuten nach der letzten Injektion wurde das Tier unruhig, es machten sich kleine zuckende Bewegungen geltend und in den Zehen klonische Krämpfe. Der Kopf war dabei schief nach hinten gerichtet. Diese Zeichen traten eine Zeitlang auf und verschwanden dann wieder. Ich schickte nun den Strom durch das Tier. Es verhielt sich ganz ruhig und unterschied sich durchaus nicht von einem Tiere im normalen Schlafzustande. Das Tier blieb weiter in dem Zustande liegen. Nach $^1/_2$ Stunde injizierte ich noch 1 mg Pikrotoxin. Langsam traten klonische zuckende Bewegungen auf, die immer stärker wurden und schließlich den elektrischen Schlafzustand unterbrachen. Nach Öffnen des Stromes hielten die Krämpfe an, konnten auch durch den zugeschickten Strom nicht mehr unterdrückt werden. Die Steigerung ging so weit, bis schließlich das Tier unter heftigsten Krämpfen und starkem Opisthotonus zu Grunde ging.

---

[1]) Über die physiologischen Wirkungen des Pikrotoxin. Arch. f. Anat. und Physiol. u. wissenschaftl. Mediz. Reichert-Du Bois-Reymond, Jahrg. 1869. Leipzig.

[2]) Pikrotoxin und Coriamyrtin als Collapsmittel, Arch. f. experim. Pathol. und Pharmakologie. 29. Bd. Leipzig 1892.

Das Resultat aus dem Versuche war, daß es mir gelang, das Tier durch Pikrotoxin aus dem elektrischen Schlafe zu erwecken, genau wie dies Köppen beim Uretanschlafe gelungen war.

Ein zweiter Versuch wurde mit Strychnin angestellt. Ich versuchte, zu erkennen, ob die reflexerhöhende Componente des elektrischen Stromes durch Zugabe von Strychnin noch mehr erhöht würde, also ob sich beides addiere.

Der elektrische Schlaf trat wie gewöhnlich bei der Normalvoltzahl 5 V. und 2,5 M. A. ein. Die Strychninlösung war 0,1%ig, die mit einer Pravazschen Spritze injiziert wurde. Zuerst gab ich dem Kaninchen davon $1\frac{3}{4}$ ccm in eine Ohrvene. Nach Verlauf einer halben Stunde war noch keine Wirkung eingetreten, auch keine Änderung im Verhalten während des Schlafes. Darum injizierte ich eine zweite gleiche Dosis. Schon nach 15 Minuten traten typische Vergiftungserscheinungen ein. Bei leisester Berührung der Achillessehne zuckte das Tier heftig, krampfartig mit dem betreffenden Beine ; es war also schon eine ausgesprochene erhöhte Reflexerregbarkeit infolge der Vergiftung eingetreten, wenn sich diese auch noch nicht auf der Höhe des Stadiums befand. Einleiten des elektrischen Schlafes gelang sofort ohne merkliche Veränderung im Wesen des Tieres, besonders ohne daß allgemeine Krämpfe ausgelöst wurden. 20 Min. später injizierte ich nochmals 2 ccm Strychnin. Nach 8 Min. war die Erregbarkeit derartig erhöht, daß jede Annäherung an das Tier schon typische Krämpfe auslöste. Ich schickte nun wieder den Strom hindurch, aber anstatt langsam einzuschleichen, gleich das Optimum. Die Folge davon war, daß das Tier heftigste Anfälle bekam, nicht mehr weiter atmete, und im Verlaufe von einiger Zeit, in der es sich einmal wieder etwas beruhigt hatte, zu Grunde ging.

Demnach war es mir gelungen, bis zu einer gewissen Grenze der Vergiftung die erhöhte Reflexerregbarkeit durch den elektrischen Strom zu unterdrücken, darüber hinaus aber nicht mehr, da wahrscheinlich das plötzliche Eintreten des elektrischen Stromes bei der weitgehenden Vergiftung ein zu starker Reiz für das Tier war. Eine summierende Wirkung der reflexerregenden Componente des elektrischen Stromes mit Strychnin war jedoch nicht nachzuweisen.

Versuche am Hund. Nach diesen Kaninchenversuchen stellte ich auch noch einige Versuche am Hunde an. Als Versuchstier nahm ich einen mittelgroßen, schon etwas älteren

Hund. Die Technik des Versuchs war die gleiche wie sonst, nur benützte ich entsprechend größere Elektroden: die Kopfelektrode war 8×10 cm groß, die Rückenelektrode 14×16 cm, die durch einen Leibgurt festgehalten wurde, mit dem ich zugleich auch den Hund an einem im Boden eingelassenen Ring festband. So war der Hund wohl frei und konnte aufrecht stehen, dagegen nicht ungehindert im Zimmer herumlaufen.

Die ersten Versuche bereiteten dem Tiere anscheinend Schmerz; obwohl ich ganz langsam mit der Voltzahl in die Höhe stieg, begann der Hund bei 9 V. zu schreien, zu bellen und den Darm zu entleeren. Gerade beim Hunde wurde immer beobachtet, daß er bei stärkerem Stromdurchgang defäkierte, was beim Kaninchen nicht so die Regel war. Die späteren Versuche verliefen so, daß wenn ich den Strom einschaltete und ganz langsam auf 11 V. und 5,2 M. A. anstieg, das Tier erst aufrecht stehen blieb; mit zunehmender Stromstärke sank es aber immer mehr in sich selber zusammen und legte sich schließlich bei der angegebenen Stärke des Stromes, ganz sanft und ruhig, ohne auch nur die geringste Äußerung von Unbehagen von sich zu geben, auf die rechte Seite. So lag der Hund ruhig da, er hielt die Augen offen, die noch auf Licht reagierten, und fuhr zusammen, wenn ich laut mit den Händen klatschte[1]). Darum ging ich plötzlich höher auf 13 V. und ca. 8 M. A., was beim Tiere starken Tetanus auslöste und es zum Schreien veranlaßte. Deshalb ging ich auf 12 V. und 7,2 M. A. zurück. Bei dieser Spannung lag der Hund in tiefem Schlafe. Seine Muskulatur war vollkommen entspannt, die Reflexe stark herabgesetzt, ja, sogar im Gegensatz zu den Kaninchenversuchen, die an den Hinterbeinen; er reagierte auf keinen Reiz mehr, machte auch keine Abwehrbewegung beim Einkneifen in die Beine.

Also genau wie bei den Kaninchen gelang auch hier der Versuch besser, wenn ich erst etwas über die zum Schlafe nötige Spannung hinaus und dann langsam wieder zurückging. Dabei bekam das Tier zuerst stets einen geringen Tetanus, keifte und schrie und bekam starken Speichelfluß. Sofort beim Zurückgehen mit der Stromstärke beruhigte es sich wieder und verfiel bald in Schlaf. Auch hier konnte ich mich, genau wie beim Kaninchen, langsam aus dem Strome ausschleichen, ohne daß der

[1]) Vielleicht war das ein Zustand, ähnlich dem von Leduc selbst beobachteten Hemmungszustande beim Versuche am Menschen.

Hund erwachte. Beim Erwachen sprang auch er immer spontan auf und zeigte nie eine Spur von Erschöpfung. Sobald ich ihm die Elektroden abgenommen und die Türe zum Versuchszimmer geöffnet hatte, lief er laut bellend nach seiner Hütte, sprang an dem Diener in die Höhe, der ihm zu fressen gab, und war nie bösartig.

Die Angaben Leducs über den elektrischen Schlaf konnte ich durch meine Versuche also im wesentlichen bestätigen. Ob jedoch das Phänomen einer Narkose gleich kommt, wie Leduc behauptet, darüber wage ich keine Entscheidung zu treffen, obwohl besonders einiges aus den toxikologischen Versuchen dafür sprechen könnte, und obwohl das äußere Verhalten der Tiere im elektrischen Schlafe eine Ähnlichkeit mit dem Verhalten in einer chemischen Narkose zeigt. Umgekehrt spricht die erhöhte Erregbarkeit gewisser Reflexe wiederum dagegen.

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit ist geboren am 21. 5. 91 zu Hagenau i. E. als Sohn des dortigen Holzhändlers Salomon Roos. Seine Schulbildung genoß er auf der Volksschule und dem humanistischen Gymnasium zu Hagenau, wo er 1910 das Zeugnis der Reife erhielt. Im Herbst 1910 wurde er an der Universität Straßburg als Student der Medizin immatrikuliert. Seine Lehrer waren Schwalbe, Thiele, Braun, Jost, Götte, Hofmeister, Spiro, Weidenreich, Fuchs. Sommer 1911 war er in München, wo er seinen Militärdienst ableistete und zugleich die Vorlesungen von Prof. Röntgen und Prof. Bayer hörte. Von Winter 1911—13 studierte er wieder in Straßburg, wo er Winter 1912/13 seine Vorprüfung bestand. Seine klinischen Lehrer waren dann Wenkebach, Madelung, Wolff, Salge, Fehling, Hertel, Chiari, Manasse, Ehret, v. Tabora. Sommer 1914 bezog er die Universität Berlin, wo er die Vorlesungen der Herren Professoren Krauß, Bier, Franz, Bumm, Bonhoeffer, Czerny, Waldeyer, Gräfe, Killian, Passow, Lewin, Atthausen, Blumenreich, v. Bardeleben besuchte.

Durch den Krieg wurde er in seinen Studien unterbrochen. Am 1. August 1914 zog er als Feldunterarzt mit dem Infant.-Reg. 17 ins Feld und kam dann zu einer Pionier-Kompagnie, wo er zum Feldhilfsarzt ernannt wurde. Von dieser Kompagnie am 10. Juni 1916 zur Ablegung seines Staatsexamens nach Straßburg aus dem Felde beurlaubt, bestand er dasselbe am 29. Juli 1916 mit der Note «sehr gut».